

Res., Soc. Dev. 2019; 8(6):e26861058  
ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i6.1058>

**Métodos de dimensionamentos de lajes maciças com e sem o embasamento da norma  
NBR 6118:2014**

**Methods of mass stream dimensions with and without flooring of standard NBR 6118:  
2014**

**Métodos de dimensionamiento de lajes macizas con y sin el embasamiento de la norma  
NBR 6118: 2014**

Recebido: 18/03/2019 | Revisado: 22/03/2019 | Aceito: 26/03/2019 | Publicado: 29/03/2019

**Pedro Emílio Amador Salomão**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9451-3111>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [pedro.salomao@ufvjm.edu.br](mailto:pedro.salomao@ufvjm.edu.br) / [pedroemilioamador@yahoo.com.br](mailto:pedroemilioamador@yahoo.com.br)

**Edna Alves Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3385-5887>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [ednamat@bol.com.br](mailto:ednamat@bol.com.br)

**Acly Ney Oliveira Santiago**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8759-7211>

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

E-mail: [aclyney@gmail.com](mailto:aclyney@gmail.com)

## **Resumo**

A ausência de conhecimento e influência de terceiros ocasiona muitas vezes a escolha por economia de materiais que muitas vezes não segura, no entanto cabe ao engenheiro demonstrar condições para se ter uma estrutura segura e econômica. Apresenta-se primeiramente alguns tipos de lajes e suas características, imediatamente é exposto as definições da laje maciça. Em seguida, é apresentado o cálculo desta estrutura sobre os critérios e recomendações da NBR 6118:2014: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, incorporando conceitos básicos sobre o tema para a execução da mesma. Foram adotados quatro dimensionamentos de lajes a fim de ter a realização do estudo desta estrutura. Posteriormente, tem-se o comparativo dos cálculos das lajes com e sem coeficientes de segurança. O objetivo deste trabalho acaba concluindo na constatação da estrutura mais vantajosa, devido ao comparativo

dos resultados quantitativos da estrutura onde se analisou as vantagens de uma estrutura segura.

**Palavras-Chaves:** Projetos, estrutura, comparação de norma, lajes.

### **Abstract**

The lack of knowledge and influence of third parties often leads to the choice of saving materials that are often not safe, but it is up to the engineer to demonstrate the conditions to have a safe and economical structure. It presents first some types of slabs and their characteristics, immediately is exposed the definitions of the massive slab. Next, it is presented the calculation of this structure on the criteria and recommendations of NBR 6118: 2014: Concrete Structures Project - Procedure, incorporating basic concepts on the subject for the execution of the same. Four designs of slabs were adopted in order to carry out the study of this structure. Subsequently, the comparison of slab calculations with and without safety coefficients is performed. The objective of this work is to conclude the most advantageous structure, due to the comparative of the quantitative results of the structure where the advantages of a secure structure were analyzed.

**Keywords:** Projects, structure, standard comparison, slabs.

### **Resumen**

La ausencia de conocimiento e influencia de terceros ocasiona muchas veces la elección por economía de materiales que muchas veces no segura, pero cabe al ingeniero demostrar condiciones para tener una estructura segura y económica. Se presentan primero algunos tipos de losas y sus características, inmediatamente se exponen las definiciones de la losa maciza. A continuación, se presenta el cálculo de esta estructura sobre los criterios y recomendaciones de la NBR 6118: 2014: Proyecto de Estructuras de Concreto - Procedimiento, incorporando conceptos básicos sobre el tema para la ejecución de la misma. Se adoptaron cuatro dimensionamientos de losas a fin de tener la realización del estudio de esta estructura. Posteriormente, se tiene el comparativo de los cálculos de los forjados con y sin coeficientes de seguridad. El objetivo de este trabajo acaba concluyendo en la constatación de la estructura más ventajosa, debido al comparativo de los resultados cuantitativos de la estructura donde se analizó las ventajas de una estructura segura.

**Palabras Clave:** Proyectos, estructura, comparación de norma, losas.

## 1 Introdução

Na atualidade, boa parte das construções civis tendem a não acompanharem o avanço tecnológico, dando preferência aos métodos convencionais de construção ao invés da utilização de inovações tecnológicas e métodos construtivos. A forma de execução de grande parte das construções, especialmente as unifamiliares, não tem acompanhado num mesmo ritmo estes avanços, são usualmente comuns a utilização de métodos empíricos, em várias etapas do seu processo construtivo.

A ausência de benefícios que pudessem formar critérios de seleção para as várias alternativas disponíveis é o ponto fundamental deste problema. Como por exemplo, a escassez de profissionais com mão de obra qualificada aliada a baixa produtividade daqueles que a possuem e o elevado desperdício de materiais e baixo controle de qualidade. Em diversas ocasiões, a escolha é baseada na informação de terceiros, fabricantes ou até mesmo de profissionais do setor, que justificam a sua indicação através de parâmetros, por vezes, errôneos ou inconsistentes.

A inexistência de critérios pontuais em determinadas áreas da construção de lajes estruturais de concreto armado tem implicado em elevação dos orçamentos nas construções das mesmas. Tal critério, em muitos casos, não significa obtenção de lajes mais seguras, sendo muito comum a apresentação de patologias nas mesmas em virtude de equívocos no seu processo de dimensionamento e/ou execução. Por que é importante o conhecimento e utilização de técnicas que permitam a realização de estruturas, de forma a desenvolver o funcionamento, a segurança e custo benefício da estrutura através dos coeficientes de segurança da NBR 6118:2014?

Utilizando como base, execução de uma laje para residência unifamiliar como modelo para analisar quantitativamente e economicamente a estrutura.

Será adotado uma breve revisão bibliográfica no qual será apresentando as principais características, bem como as vantagens e desvantagens da laje maciça. Complementando com uma análise comparativa entre dois tipos de lajes, sendo uma laje executada nos critérios e coeficientes da norma NBR 6118:2014 e a outra sem a utilização da referida norma, somente baseada em informações diversas. Também fazer-se uma verificação dos volumes de concreto e a quantidade de aço para as duas lajes utilizadas e procurar estabelecer os insumos e serviços, para as estruturas estudadas e analisando-os comparativamente.

Este trabalho tem como objetivo esclarecer melhor a análise estrutural e algumas alternativas construtivas existentes, através da indicação de critérios a serem utilizados que

poderão ser úteis para garantir a qualidade da execução e segurança das lajes, por fim será apresentado um conteúdo referente a realização deste componente construtivo, efetuando-se, a seguir, os cálculos de dimensionamento de duas lajes para demonstração para assim poder estabelecer parâmetros de escolha entre os modelos estruturais adotados nesta pesquisa.

## 2 Lajes

As lajes são classificadas como elementos planos bidimensionais, onde há duas dimensões, o comprimento e a largura, são da mesma ordem de grandeza e muito maiores que a terceira dimensão, a espessura. As lajes são também chamadas elementos de superfície, ou placas. Segundo a ABNT 6118:2014, tem-se o conceito estrutural que lajes ou placas são “elementos de superfície plana sujeitos principalmente a ações normais a seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas de lajes”. Também podemos ter uma definição estrutural, que diz que a laje se define em projeto como “a concepção de espaço, este definido por um plano de apoio – a laje – sobre a qual iremos construir e elaborar este espaço” (Barroso, 2011). Estas destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte. As ações são comumente perpendiculares ao plano da mesma, podendo ser divididas e distribuídas na área, partilhadas linearmente ou forças concentradas. (Gomes, J. H. D. 2018)

Embora menos comuns, também podem ocorrer ações externas na forma de momentos fletores, normalmente aplicados nas bordas das lajes. As ações são normalmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, mas eventualmente também podem ser transmitidas diretamente aos pilares, quando são chamadas lajes lisas.

Entre vários tipos desta estrutura, pode-se citar as lajes Pré-fabricadas (ou Lajes Nervuradas) onde são utilizadas com elementos já prontos para montagem, ou seja, usam vigotas e blocos de concreto ou tijolos cerâmicos para execução da laje do forro e do piso. A praticidade do uso de lajes pré-moldadas é devido a sua facilidade e a sua rapidez durante a montagem. Segundo a NBR 6118:2014, lajes nervuradas são "lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte." (Da Silva Barbosa, U. 2018).

Encontra-se também as Lajes Treliçadas que são compostas de uma estrutura espacial com vigas e elementos de enchimento que podem ser cerâmicas, EPS (isopor), concreto, entre outros. Pode-se destacar entre suas vantagens que ela vence vãos e sobrecargas maiores. Além de possui melhor aderência concreto-viga, não possibilitando trincas e necessita menos mão-de-obra de montagem e de transporte. (Salomão, P. E. A. 2018)

Nas Lajes Protendidas, há a utilização do concreto protendido, que tem evidenciado vantagens técnicas e econômicas no campo das construções de pontes e de reservatórios. Algumas características das lajes protendidas podem ser destacadas como as deformações que são menores do que nas lajes de concreto armado e nas estruturas metálicas equivalentes, o emprego de aços de alta resistência torna as estruturas mais econômicas. E é possível uma retirada antecipada do escoramento e das fôrmas, pelo fato de se trabalhar com tensões relativamente baixas, sem falar da ausência de vigas, que oferece vantagens evidentes para execução da obra quanto à economia, tanto de material quanto de tempo.

Já as Lajes Mistas são aquelas em que a fôrma de aço é incorporada ao sistema de sustentação das cargas. Antes da cura do concreto, elas funcionam como suporte das ações permanentes e sobrecargas de construção. Os benefícios deste sistema de lajes mistas são a dispensa de escoramento, redução de desperdício de material, facilidade de instalação e maior rapidez na construção, tem a facilidade de passagem de dutos e de fixação de forros.

Por fim, as Lajes Maciças apresentam benefícios em geral, como a facilidade de vencer vãos, simplificação do canteiro de obras, acabamento liso, e menor vulnerabilidade à fissuras e trincas.

As lajes podem ser classificadas de diversas formas, como pela sua natureza, seu suporte (tipo de apoio), podendo-se encontrar outros tipos, mas geralmente são divididas em dois grandes grupos: lajes pré-moldadas e lajes moldadas in loco.

## **2.1 Lajes Maciças**

Segundo Carvalho (2007), uma estrutura é composta por elementos estruturais, geralmente com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais (vigas, lajes, pilares, etc.). O modo como ela se dispõe é chamado sistema estrutural. O Engenheiro projetista tem a responsabilidade de descobrir, dentre várias alternativas, o melhor sistema estrutural para as características da edificação em estudo, pois a escolha correta de um sistema estrutural é muito importante sob o ponto de vista do custo e da funcionalidade (Chaves, 2003 *Apud* Otoni E Abi-Ackel, 2015).

A laje maciça é um dos sistemas mais tradicionais, pois a mesma é composta por vigas e pilares, pode ser uma boa opção por obter lajes e vigas de pequenas dimensões, claro se for bem adequada ao projeto arquitetônico (Faria, 2010).

De acordo com Pinheiro, M. S. (2010) lajes são elementos planos, em geral horizontais, composta por três dimensões sendo duas dimensões muito maiores que a terceira, e esta última denominada espessura. A principal função das lajes é receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios. Eles enfatizam ainda que as lajes maciças têm grande contribuição no consumo de concreto: aproximadamente 50% do total, principalmente nos edifícios usuais.

Araújo (2014), considera-as como placas com espessuras uniformes, apoiadas ao longo do seu perímetro e para os apoios, podem ser utilizadas vigas ou alvenarias. Dalben e Bridi (2015) estabeleceram uma comparação entre as vantagens e desvantagens da laje maciça (QUADRO 01).

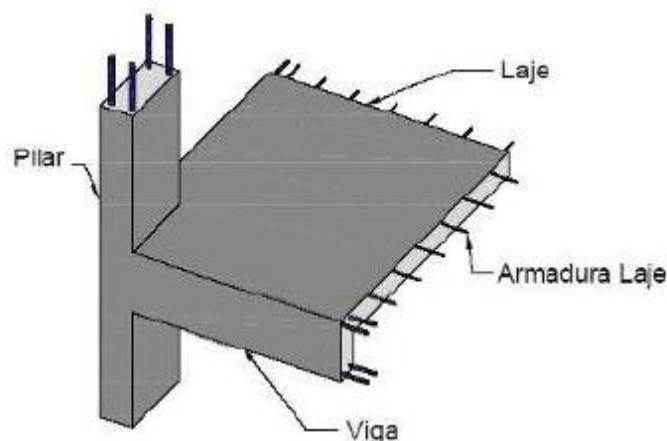
QUADRO 01 – Vantagens e desvantagens da laje maciça convencional.

Lajes Maciças Convencionais	
Vantagens	Desvantagens
São estruturas mais rígidas, pois por possuírem muitas vigas a estrutura acaba tendo diversos pórticos, auxiliando no contraventamento (ALBUQUERQUE, 1999).	Grande consumo de concreto, aço, fôrmas e escoras (Carvalho, M. C. 2012).
É um dos métodos mais executado na construção de concreto armado, tornando assim, a mão de obra treinada (SPOHR, 2008).	Elevado peso próprio, o que resulta em maiores reações de apoio (Lopes, a. D. O. (2012).
Tem boa capacidade de redistribuição de esforços (VIZOTTO; SARTORTI, 2010).	Elevado consumo de mão-de-obra relativo a profissionais como: carpinteiros, serventes, pedreiros e armadores (Vizotto, S. 2010).
É adequada para situações de singularidade estruturais (CARVALHO, 2012).	Facilidade de propagar resíduos entre pavimentos (Carvalho, M. C. 2012).
-	Custo relativamente elevado ((Vizotto, S. 2010).
-	Demanda grande quantidade de tempo para a execução das formas Lopes, a. D. O. (2012).

Fonte: Adaptado de Dalben, B. (2015, p. 2)

Ressalta-se ainda que a laje maciça oferece isolamento térmico e acústico, ela é moldada na própria obra, possuem menor quantidade de trincas, pois o concreto depois de seco, se torna um único bloco que contrai e dilata uniformemente e tem alta resistência. Na FIG. 01 mostra o esquema estrutural de uma laje.

FIGURA 01 - Esquema de uma estrutura com laje convencional.



Fonte: FARIA, *apud* SPOHR (2008, p.30).

Na figura pode ser visto o modelo de uma laje, na qual temos uma estrutura com pilar, viga e armadura de aço. Modelo este presente em grande parte das obras que se encontram por todos os canteiros de obra.

### 2.3 Classificação das lajes

Para se dimensionar uma laje maciça singular é fundamental estabelecer alguns critérios de cálculo. Embora a constituição do concreto armado seja de dois materiais, o aço e o concreto, para fins de facilitar o cálculo, este é considerado homogêneo. Outro pressuposto é que este é um material elástico, ou seja, quando solicitado, ele sofrerá deformações, no entanto, cessada a solicitação, voltará a sua forma inicial. Ele também é considerado como isótropo, que possui as mesmas propriedades em qualquer uma das direções estudadas.

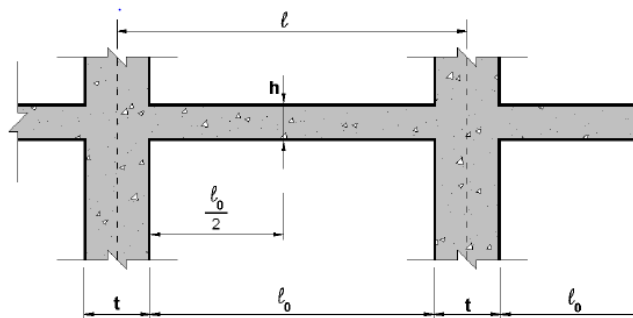
A NBR 6118:2014 define a espessura da laje maciça com limites mínimos de espessura, sendo eles:

- a) 7cm para cobertura não em balanço;
- b) 8cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10cm para lajes em balanço;

- d) 10cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30kN;
- e) 12cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30kN.

PINHEIRO, L. M. (2010) mostram que a primeira etapa de um projeto de lajes, é a classificação dos vãos das lajes. A distância entre as faces dos apoios é chamada de vão livre ( $l_0$ ). (FIG. 02).

FIGURA 02 - Vão livre e vão teórico



Fonte: PINHEIRO, L. M. (2010)

Pode ser observado na figura a as relações entre vão livre, vigas e pilares na qual essa relação será utilizada para cálculos.

Quanto a classificação se a laje será armada em uma ou duas direções, dependerá do valor de  $\lambda = l_y / l_x$ , considera  $l_x$  menor vão teórico e  $l_y$  o maior. De acordo com Pinheiro, Muzardo e Santos (2010), o valor de  $\lambda$ , é usual a seguinte classificação:

$\lambda \leq 2$ : Laje armada em duas direções;

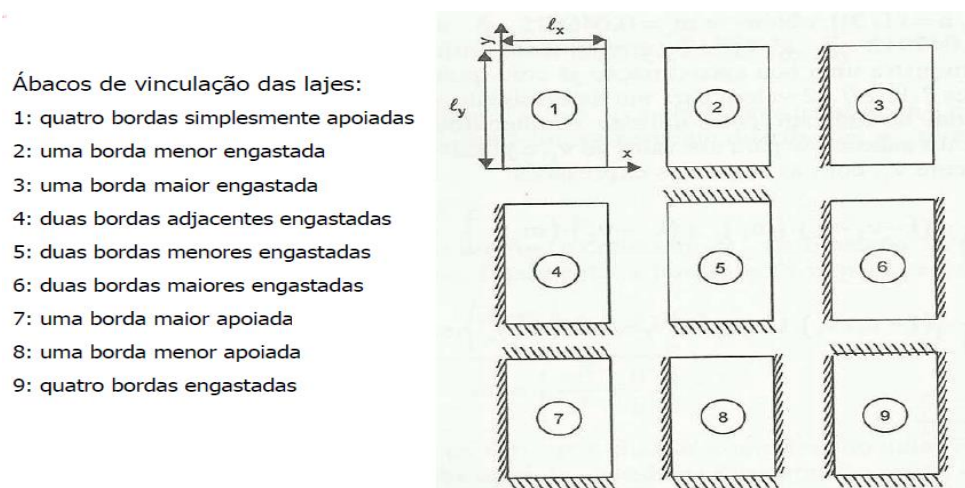
$\lambda \geq 2$ : Laje armada em uma direção.

Nas lajes armadas em duas direções, as armaduras são calculadas para aguentar os momentos fletores nessas direções. Na estrutura armada em uma direção a armadura principal, que é na direção do menor vão, é calculada para resistir o momento fletor nessa direção, obtido ignorando-se a existência da outra direção. Portanto, a laje é calculada como se fosse um conjunto de vigas-faixa na direção do menor vão. Na direção do maior vão, coloca-se armadura de distribuição, com seção transversal mínima dada pela NBR 6118:2014. Como a armadura principal é calculada para resistir ao conjunto dos esforços, a armadura de distribuição tem o objetivo de unir as faixas da estrutura da direção principal, prevendo-se, por exemplo, uma eventual incorporação dos esforços. Pinheiro, Muzardo e Santos (2010), destacam ainda no projeto das lajes a identificação dos tipos de vínculo de suas bordas. São três tipos: borda livre, borda simplesmente apoiada e borda engastada. A extremidade livre caracteriza-se pela falta de apoio, apresentando, portanto, deslocamentos verticais. Nos outros



dois tipos de vinculação, não há deslocamentos verticais. Nas bordas engastadas, também as rotações são impedidas. Este é o caso, por exemplo, de lajes que apresentam continuidade, sendo o engastamento promovido pela laje adjacente (FIG. 03).

FIGURA 03 – Ábaco de vinculação das lajes



Fonte: Ribas (2015, p. 19).

Na figura pode ser visto as relações entre lajes e suas dimensões de bordas, na qual essas relações são de suma importância em cálculos.

Segundo a NBR 6120 (1980), ela dispõe as condições exigíveis para determinação dos valores das cargas que se deve considerar em um projeto estrutural de edificações, qualquer que seja sua espécie e destino, exceto os casos previstos em normas especiais. As cargas são classificadas nas seguintes categorias:

Carga permanente (g): É o peso próprio da estrutura e de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes, como peso do contra piso, do piso, do forro de gesso, ela é dada em  $\text{kN/m}^2$ ;

1) Carga acidental (q): É a carga que atua sobre a estrutura de edificações em função do seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos etc.), também é dada em  $\text{kN/m}^2$ .

A NBR 6118:2014, mostra que para garantir o cobrimento mínimo ( $c_{\min}$ ), o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal ( $c_{\text{nom}}$ ), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução ( $\Delta c$ ). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na tabela, (FIG. 04), para  $\Delta c = 10\text{mm}$ .

FIGURA 04 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para  $\Delta c = 10\text{mm}$ .

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15\text{ mm}$ .

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45\text{ mm}$ .

Fonte: NBR 6118 (2014, p. 20).

Na figura 4, retirada da NBR 6118 pode ser elucidado as correspondências entre a classe de agressividade ambiental com os componente ou elementos.

Calcula-se sem fissuração, mas com efeito de fluência do concreto, portanto o deslocamento máximo de ser inferior a  $\frac{2}{3}$  do valor da norma.

Limite de deslocamento: Combinação quase permanente  $f = \frac{L}{250}$ , com fluência  $\rightarrow \frac{2}{3}$

$\times \frac{L}{250} = \frac{L}{350}$ ;

- Apenas com carga acidental:  $f_{\text{máx}} = \frac{L}{350}$ , com fluência  $\rightarrow \frac{2}{3} \times \frac{L}{350} = \frac{L}{525}$ .

Para Carvalho (2007), o cálculo das flechas se desconsidera os efeitos de fissura e de fluência do concreto, pois as flechas se calcula admitindo que o concreto tenha um comportamento linear e elástico. Elas são determinadas como combinação rara, em todas as cargas incluindo as acidentais, onde esta última é calculada diretamente, já que está sendo considerada que o concreto esteja tendo um comportamento linear. Na NBR 6118:2014, tem que a deformação do estado limite é:

A verificação dos valores-limites estabelecidos na Tabela 13.3 para a deformação da estrutura, mais propriamente rotações e deslocamentos em elementos estruturais

lineares, analisados isoladamente e submetidos à combinação de ações, deve ser realizada através de modelos que considerem a rigidez efetiva das seções do elemento estrutural. (...) A deformação real da estrutura depende também do processo construtivo, assim como das propriedades dos materiais (principalmente do módulo de elasticidade e da resistência à tração) no momento de sua efetiva sollicitação. Em face da grande variabilidade dos parâmetros citados, existe uma grande variabilidade das deformações reais. Não se pode esperar, portanto, grande precisão nas previsões de deslocamentos dadas pelos processos analíticos prescritos. (NBR 6118, 2014, p. 125).

Basto (2015) mostra que a flecha imediata de lajes armadas em duas direções pode ser calculada a acessória dos coeficientes da tabela da FIG. 04, para carregamento uniforme e triangulares.

Carvalho (2007), dá a seguinte EQ. 01:

$$f = \frac{P \cdot L^4 \cdot \alpha}{E \cdot h^3 \cdot 100} \quad (01)$$

Onde:

- $P$  = Carga permanente;
- $L = L_x$  = Medida do menor vão;
- $E$  = Módulo de elasticidade secante;
- $h$  = Espessura (altura) da laje.

A altura útil mínima é calculada a partir do maior momento do conjunto de lajes do projeto. Carvalho (2007) apresenta que essa laje terá um melhor aproveitamento, pois trabalhará apenas com armadura tracionada e com materiais no limite das suas capacidades de resistência. Para realização do cálculo têm-se a EQ. 02, considerando com uma faixa de 1 metro (100cm).

$$d_{\min} = 2 \times \sqrt{\frac{1,4 \cdot M_k}{b_w \cdot f_{cd}}} \quad (02)$$

Onde:

- $M_k$  = Maior momento atuante;
- $b_w$  = Faixa de 1m (100cm);
- $f_{cd}$  = Resistência do concreto (kN/m<sup>2</sup>).

Para o detalhamento do cálculo da armadura longitudinal, encontra-se duas alturas uteis, uma para cada direção. A adota como altura útil a distância entre a borda comprimida

superior e o centro da barra superior. Para se realizar este cálculo, se considera uma faixa da laje na largura de 1 metro (100cm), lembrando que a altura útil é maior que a mínima, o aço trabalhará totalmente sua capacidade (CARVALHO, 2007). (EQ. 03)

$$KMD = \frac{M_d}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (03)$$

Onde:

- $M_d = 1,4 \cdot M_k$ , onde  $M_k$  é o maior momento atuante;
- $b_w$  = Faixa de 1 metro da laje;
- $d = d_{\min}$  = Altura útil da laje;
- $f_{cd}$  = Resistência do concreto.

Encontrado o KMD, se encontra um coeficiente ( $K_z$ ), que será utilizado para a realização do cálculo da área de aço, através da EQ. 04 abaixo:

$$A_s = \frac{M_d}{k_z \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (04)$$

Onde:

- $A_s$  = Área de aço;
- $M_d = 1,4 \cdot M_k$ , onde  $M_k$  é o maior momento atuante;
- $k_z$  = Coeficiente característico do cálculo KMD;
- $d = d_{\min}$  = Altura útil da laje;
- $f_{yd}$  = Resistência do aço.

Na NBR 6118 (2014), relata que para se ter o diâmetro da barra de armadura de flexão, o mesmo não poderá ser maior que a altura da laje dividida por oito. Onde  $h$  é a altura da laje, como se mostra na seguinte EQ. 05:

$$\emptyset = \frac{h}{8} \quad (05)$$

Ressaltando ainda que o diâmetro da barra utilizada poderá ser menor que o encontrado no item anterior. Para se ter um controle da fissuração e desempenho da armadura mínima, são necessários valores mínimos. A armadura a ser utilizada deverá ser

preferencialmente por barras de alta aderência (NBR 6118, 2014). Para a armadura mínima de tração, se deve considerar em elementos estruturais armados para se determinar o dimensionamento da seção e obedecendo a taxa mínima de 0,15%, como mostra a Tabela (FIG. 05) e pelo cálculo realizado pela EQ. 06 (NBR 6118, 2014).

FIGURA 05 – Taxa mínimas de armadura de flexão

Forma da seção	Valores de $\rho_{min}^a$ ( $A_{s,min}/A_c$ ) %														
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Retangular	0,150	0,150	0,150	0,164	0,179	0,194	0,208	0,211	0,219	0,226	0,233	0,239	0,245	0,251	0,256

<sup>a</sup> Os valores de  $\rho_{min}$  estabelecidos nesta Tabela pressupõem o uso de aço CA-50,  $d/h = 0,8$  e  $\gamma_c = 1,4$  e  $\gamma_s = 1,15$ . Caso esses fatores sejam diferentes,  $\rho_{min}$  deve ser recalculado.

Fonte: NBR 6118 (2014, p. 130).

A tabela de ilustrada na figura 5, mostra as taxas mínimas que uma armadura de flexão pode sofrer, de acordo com a seção em questão.

$$\rho = \frac{A_{s,min}}{A_c} \quad (06)$$

Onde:

- $\rho$  = Valor da tabela (FIG. 05);
- $A_{s,min}$  = Área da Armadura mínima;
- $A_c$  = Área da seção.

O espaçamento entre barras da armadura principal de flexão deve ser no máximo igual a 2h ou 20cm, utilizando o menor valor entre esses dois na região dos maiores momentos fletores. Sendo h a altura da laje (EQ. 07).

$$S = \begin{cases} 2h \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \quad (07)$$

### 3 Metodologia

O objetivo desta pesquisa, é realizar um estudo comparativo de dimensionamento da estrutura de quatro lajes maciças, separadas em dois pares, sendo um composto por estruturas geometricamente quadradas e o outro por estruturas retangulares, avaliando a qualidade das mesmas, analisando seus esforços, momentos fletores e a quantidade de armadura longitudinal utilizada, assim como também qual o dimensionamento proporciona melhor segurança.

A análise será feita com um aferimento dos resultados obtidos, através do dimensionamento das lajes, onde em cada par das estruturas, uma será dimensionada seguindo todos os critérios e recomendações estabelecidas pela norma NBR 6118:2014 e em contrapartida essa mesma estrutura terá um dimensionamento de maneira a ignorar todos os coeficientes de segurança exigidos pela norma acima.

Os pares de lajes terão dimensões 4,0m x 4,0m e 1,7m x 4,2m. O modelo de cálculo empregado nas mesmas será o método convencional, com lajes apoiadas sobre vigas. Serão confeccionadas planilhas onde irá mostrar os resultados para o dimensionamento das lajes, de maneira a proporcionar uma apreciação dos valores, para que assim, se possa ser analisado aquele método no qual se julgue mais conveniente. Nestas mesmas tabelas, serão demonstradas as respectivas áreas de aço e volumes de concreto utilizados nas estruturas.

Ressalta-se ainda que, tendo como fundamento desta pesquisa uma breve revisão bibliográfica sobre o tema, descrevendo suas principais particularidades, assim como acentuar as vantagens e desvantagens da laje maciça, para assim ser feito uma análise comparativa e conclusões referentes ao estudo realizado.

## **4 Resultados e Discussão**

### **4.1 Laje Retangular**

Nas TAB. 01 a 05, estão descritos os valores do dimensionamento das lajes retangulares nas seguintes dimensões 1,70m x 4,20m, com uma altura de 0,08m. Nesta estrutura também foi-se utilizado aço CA-50, concreto de 25Mpa. Composta por dois lados adjacentes (engastados), que por sua vez possuem vinculação do tipo caso 4, (FIG. 03). Tendo também como cargas atuantes: o peso próprio da laje, o peso do piso, do forro, sobrecarga. Visto que está laje se deu de maneira armada em apenas uma direção, devido o valor de  $\lambda = 2,47 \geq 2$ . Utilizou-se o tempo de escoramento de 14 dias e cobrimento de 2cm, devido a classe de agressividade.

TABELA 01 – Comparativo da laje 01

Dimensões: 1,70m x 4,20m, na faixa de 1 metro								
Altura da laje: 08cm	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)				Sem coeficientes de segurança			
	Armadura Positiva		Armadura Negativa		Armadura Positiva		Armadura Negativa	
Momentos	Mx	My	Xx	Xy	Mx	My	Xx	Xy
Atuantes (kN*m)	0,84	0,23	1,48	0,97	0,84	0,23	1,48	0,97
Área (cm <sup>2</sup> /m)	1,20	1,20	1,20	1,20	0,38	0,10	0,68	0,44
Diâmetro - Ø (mm)	6,30	6,3	8,0	8,0	6,3	6,3	8,0	8,0
Espaçamento (cm)	16,0	26,0	16,0	16,0	82,33	301,76	73,80	113,60

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Nestes tipos de lajes, como ilustrado na tabela 1, por mais que diga-se que são armadas em apenas uma direção, as mesmas possuem determinadas quantidades de aço em ambas direções, porém, somente as chamadas armaduras principais terão função estrutural, ou seja, possuirão a responsabilidade de resistir aos esforços atuantes na estrutura, e estarão dispostas paralelamente à direção do menor vão. Ainda temos na outra direção, o que chamamos de armadura secundária, que não terá função estrutural e se considera as menores reações da estrutura. Para fins de dimensionamento das mesmas, deverá ser igual ou superior a 20% da principal. O carregamento se dá de maneira uniforme, por isso se usa para fins de cálculos, a carga por metro quadrado da laje, pois em qualquer parte da mesma ocorrerá o mesmo carregamento.

TABELA 02 - Comparativo da laje 01

Dimensões: 1,70m x 4,20m, na faixa de 1 metro		
Altura da laje: 08cm	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)	Sem coeficientes de segurança
Maior Momento utilizado para fins de cálculos (kN*m)	2,07	1,48
Altura Mínima (cm)	2,16	1,54
Altura Útil (cm)	4,5	4,50
Diâmetro máximo - Ø (mm)	10,0	10,0

Volume de Concreto (m<sup>3</sup>)

0,57

0,57

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Ocorreu na tabela 01, que a área de aço com coeficientes da NBR 6118:2014, foram maiores que os valores quando no cálculo sem coeficientes de segurança. O diâmetro utilizado foi de espessura menor do que o máximo (TAB. 01 e 02). O espaçamento para a armadura principal foi de 16,0cm, já para a armadura secundária de 26,0cm, isso devido a norma apresentar que este distanciamento seja de no máximo 33,0cm. O volume de concreto utilizado foi o mesmo.

TABELA 03 - Massa de aço utilizada com coeficiente de segurança

Armadura	Identificação da barra	Diâmetro da barra – Ø (mm)	Quantidade (unitário)	Comprimento		Massa Nominal (kg/m)	Massa Total (kg)
				Unitário	Total		
Armadura Positiva	N1	6,3	27	1,80	48,6	0,245	11,91
	N2	6,3	17	4,30	30,1	0,245	7,37
Armadura Negativa	N3	8,0	27	0,77	13,09	0,395	5,5
	N4	8,0	11	0,77	8,47	0,395	3,35

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

A comparação entre a massa de aço e o coeficiente é ilustrada na tabela 3, onde o pode ser visto com a margem de segurança a quantidade adequada de aço, a ser utilizada em construções.

TABELA 04 - Massa de aço utilizada sem coeficiente de segurança

Armadura	Identificação da barra	Diâmetro da barra – Ø (mm)	Quantidade (unitário)	Comprimento		Massa Nominal (kg/m)	Massa Total (kg)
				Unitário	Total		
Armadura Positiva	N1	6,3	5	1,80	9,0	0,245	2,21
	N2	6,3	2	4,30	4,3	0,245	1,05



Armadura	N3	8,0	6	0,77	4,62	0,395	1,82
Negativa	N4	8,0	2	0,77	0,77	0,395	0,30

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

A armadura positiva é alargada a favor da segurança, pois quando não houver uma análise precisa dos acréscimos das armaduras consequentes da presença dos momentos nas lajes, toda a armadura positiva deve ser prolongada até os apoios, não se permitindo escalonamento desta armadura. A armadura deve ser estendida no mínimo 04cm além do eixo teórico do apoio (NBR 6118, 2014). favorecendo a segurança da estrutura, com isso, a armadura foi estendida para 1,80m e 4,30m as suas dimensões, arredondando esse prolongamento para 05cm nas duas extremidades.

Na NBR 6118:2014 mostra que para a armadura negativa, quando os apoios da laje não apresentarem seguimento com as superfícies das lajes adjacentes e que tenham união com os elementos de apoio, deve-se dispor de armadura negativa de borda. Para dimensionamento da armadura negativa, os procedimentos se deram separadamente, porém fora dimensionada uma única armadura de continuidade ao longo da borda comum, no local onde ocorre o engaste.

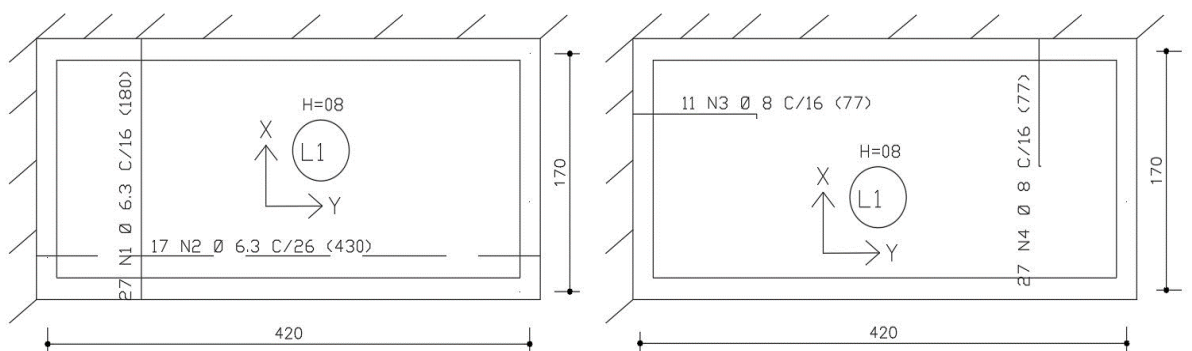
TABELA 05 – Massa total de aço

Armadura	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)	Sem coeficientes de segurança
Armadura Positiva (kg)	19,28	3,26
Armadura Negativa (kg)	8,85	2,12
Total da massa (kg)	28,13	5,38

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Na tabela 5, pode ser visto as relações de massa total de aço quando aplicado a norma, e em situações onde a norma não se faz presente.

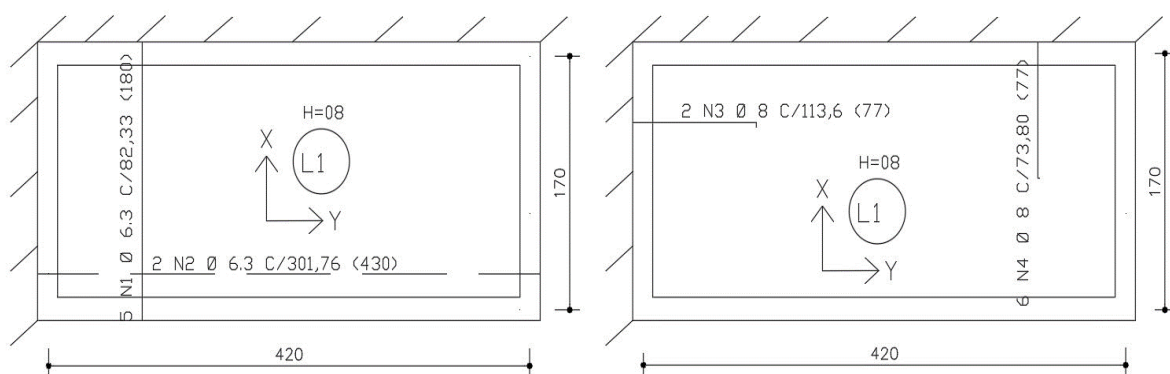
FIGURA 06 – Detalhamento da laje com os coeficientes da Norma NBR 6118:2014



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Visto a comparação feita na tabela 5, foi ilustrado na figura 6 o detalhamento com a comparação entre situações com e sem aplicação da norma.

FIGURA 07 – Detalhamento da laje sem coeficientes de segurança



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Tendo a definição dos diâmetros e dos espaçamentos, tem-se o detalhamento das formas da laje para o desenho. Destaca-se nestas representações que o comprimento total da armadura negativa não está completo devido as medidas das armaduras negativas das lajes vizinhas serem desconhecidas. Neste projeto também se encontram as quantidades de barras utilizadas em cada armadura com a especificação das mesmas (N1, N2, N3 e N4), a posição da armadura secundária, o diâmetro utilizado, o espaçamento entre barras, tamanho da armadura e as dimensões da estrutura (FIG. 06 e 07).

#### 4.2 Laje Quadrada

Os resultados mostrados nas TABELAS. 06 a 10, são do dimensionamento das lajes quadradas no tamanho 4,0m x 4,0m com espessura de 0,10m. Para fins de cálculos, foi utilizado aço CA-50, concreto de 25Mpa. Esta por sua vez possui duas bordas adjacentes engastadas, no qual tem vinculação do tipo do caso 4, como foi mostrado anteriormente na FIG. 03. As cargas atuantes levadas em consideração nos cálculos foram padrão: peso próprio da laje, do piso, do forro, sobrecarga.

Esta laje foi dimensionada de forma a que a armadura de aço seja submetida aos esforços nas duas direções, uma vez que o valor de  $\lambda = 1 \leq 2$ , conforme estabelece a NBR 6118:2014. Ainda, considerado tempo de escoramento de 14 dias, tempo este favorável a segurança da estrutura e que todas as ações atuarão após a retirada da escora. Já o cobrimento mínimo será de 2cm, tendo um controle de fissuração minimizado e também como menor valor utilizado pela norma anteriormente citada.

Uma vez que a referida laje será armada em duas direções, farão com que as armaduras de ambas trabalhem de forma a resistir aos esforços nelas solicitados. Dessa forma, teremos a existência de quatro momentos atuantes sobre a estrutura, sendo eles, dois positivos e dois negativos, isso porque a armadura principal é dimensionada para esses momentos, tendo em vista que índice do momento fletor é que indica a direção da armadura, dados que podem ser ilustrado na tabela 6.

TABELA 06 – Comparativo da laje 02

Dimensões: 4,0m x 4,0m, na faixa de 1 metro								
Altura da laje: 10cm	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)				Sem coeficientes de segurança			
	Armadura Positiva		Armadura Negativa		Armadura Positiva		Armadura Negativa	
Momentos	Mx	My	Xx	Xy	Mx	My	Xx	Xy
Atuantes (kN*m)	2,07	2,07	5,14	5,14	2,07	2,07	5,14	5,14
Área (cm <sup>2</sup> /m)	1,50	1,50	2,71	2,71	0,6f4	0,64	1,60	1,60
Diâmetro - Ø (mm)	6,3	6,3	10,0	10,0	6,3	6,3	8,0	8,0
Espaçamento (cm)	20,0	20,0	20,0	20,0	48,40	48,40	31,38	31,38

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

A tabela 6, mostra o comparativo de valores quando aplicado a norma e na sua ausência. O carregamento se dá de maneira uniforme, por isso se usa para fins de cálculos, a

carga dissipada por metro quadrado da laje, pois em qualquer parte da mesma ocorrerá o mesmo carregamento. Sendo ela de forma geometricamente quadrada, seus momentos positivos foram iguais, assim como os negativos. Na tabela 7 fica ilustrado a

TABELA 07 - Comparativo da laje 02

Dimensões: 4,0m x 4,0m, na faixa de 1 metro		
Altura da laje: 10 cm	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)	Sem coeficientes de segurança
Maior Momento utilizado para fins de cálculos (kN*m)	7,20	5,14
Altura Mínima (cm)	4,02	2,87
Altura Útil (cm)	6,50	6,50
Diâmetro máximo - Ø (mm)	12,50	12,50
Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )	1,60	1,60

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Para dimensionamento da armadura de aço utilizado, como apresentado na tabela 7, teve-se como base norteadora, a taxa mínima conforme estabelece a NBR 6118:2014, onde determina que o menor valor possível para área de aço seja de 0,15% da seção transversal da laje. As taxas de aço encontrados na tabela 06, nas células que pelas quais foram utilizados os coeficientes de segurança, claramente obteve-se valores maiores devido a este critério de cálculo utilizar-se de fatores de forma a majorar as cargas e minimizar a eficiência dos materiais empregados, conforme é estipulado pela norma supracitada, uma vez que, ainda de acordo com a mesma, a armadura empregada em hipótese alguma poderá ser menor que a armadura mínima calculada, para que assim se possa obter uma estrutura com uma maior margem de segurança.

A altura útil, que por sua vez é a distância da borda comprimida da laje ao centro de gravidade da armadura, se deu de maneira igualitária em todas as estruturas, devido a espessura das lajes possuírem o mesmo valor (10cm).

O diâmetro máximo é dado pela altura dividida por oito, com isso pode se utilizar diâmetros menores que este como foi mostrado na TAB. 06, não deixando exceder o valor

encontrado na TAB. 07. O espaçamento que a norma apresenta, é de no máximo igual a duas vezes a altura ou a 20cm, utilizando o menor entre esses, dando se assim uma segurança maior para a estrutura. Salienta ainda que uma armadura positiva com diâmetro menor e com menor espaçamento se tem um maior controle de fissuração, já para a armadura negativa, pode-se ter um diâmetro maior e com um maior espaçamento. O volume de concreto utilizado foi o mesmo, pois o volume total de aço torna-se insignificante em relação ao volume da laje a ser concretada. Na tabela 8 será ilustrado as relações de massa de aço e o coeficiente de segurança.

TABELA 08 - Massa de aço utilizada com coeficiente de segurança

Armadura	Identificação da barra	Diâmetro da barra – Ø (mm)	Quantidade (unitário)	Comprimento		Massa Nominal (kg/m)	Massa Total (kg)
				Unitário	Total		
Armadura Positiva	N1	6,3	42	4,10	172,20	0,425	42,19
Armadura Negativa	N2	10	21	1,36	28,59	0,617	17,64
	N3	10	21	1,36	28,,59	0,617	17,64

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Na tabela 8 é feito a comparação da massa de aço com o coeficiente de segurança, na qual a norma prega.

TABELA 09 - Massa de aço utilizada sem coeficiente de segurança

Armadura	Identificação da barra	Diâmetro da barra – Ø (mm)	Quantidade (unitário)	Comprimento		Massa Nominal (kg/m)	Massa Total (kg)
				Unitário	Total		
Armadura Positiva	N1	6,3	18	4,10	73,80	0,425	18,08
Armadura Negativa	N2	8,0	13	1,36	17,70	0,395	6,99
	N3	8,0	13	1,36	17,70	0,395	6,99

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

A armadura positiva também foi alargada a favor da segurança, com base nos mesmos critérios utilizados na demonstração da laje retangular. Na TAB. 09 é feita

novamente e relação da massa de aço com os coeficientes de segurança. Então se prolongou em 05cm nas duas extremidades, a armadura positiva estendeu-se o comprimento para 4,10m.

Na NBR 6118:2014 mostra que para a armadura negativa, quando os apoios da laje não apresentarem seguimento com as superfícies das lajes adjacentes e que tenham união com os elementos de apoio, deve-se dispor de armadura negativa de borda. Para dimensionamento da armadura negativa, os procedimentos se deram separadamente, porém fora dimensionada uma única armadura de continuidade ao longo da borda comum, no local onde ocorre o engaste.

No exemplo da laje 02, que por sua vez é quadrada, as dimensões das barras negativas dos lados adjacentes foram iguais, mas como não se tem as dimensões e nem o comprimento das barras negativas destas lajes vizinhas, não se pode afirmar que o tamanho final da armadura seja igual para ambos os lados engastados. Por isso, houve uma identificação para cada barra da armadura negativa TAB. 08 e 09).

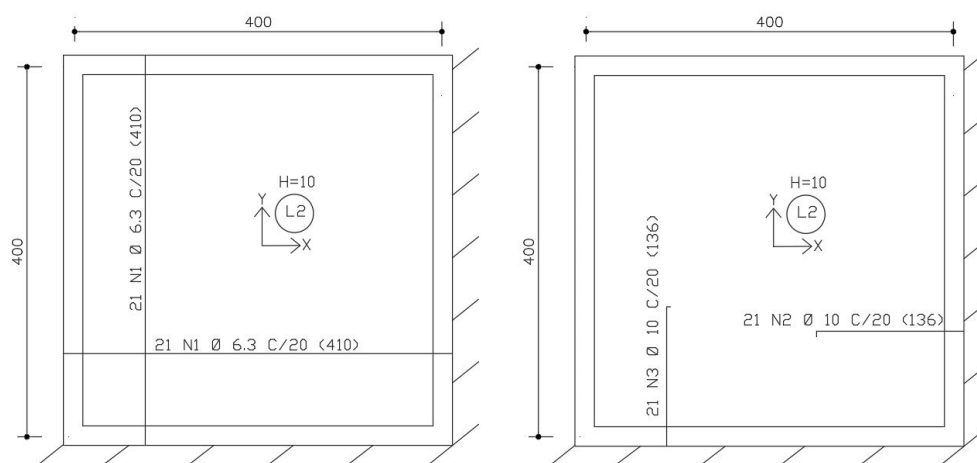
As quantidades de barras, como indicadas (TAB. 08 e 09) das armaduras positivas e negativas, são calculadas subtraindo-se o comprimento da laje, do lado oposto a amadura, pelo espaçamento das barras. No caso da laje estudada, 410cm dividido por 20cm tem-se 20,50cm, que deve ser determinado para o número inteiro mais próximo, sendo assim 21 barras. Como a armadura positiva tem mesmo tamanho, se tem 42 barras, já as negativas, não se sabe o comprimento que se passa para as lajes adjacentes, são 21 barras cada. E o peso total das armaduras (TAB. 10).

TABELA 10 – Massa total de aço

Armadura	Com coeficientes de segurança (NBR 6118:2014)	Sem coeficientes de segurança
Armadura Positiva (kg)	42,19	18,08
Armadura Negativa (kg)	35,28	13,98
Total da massa (kg)	77,47	32,06

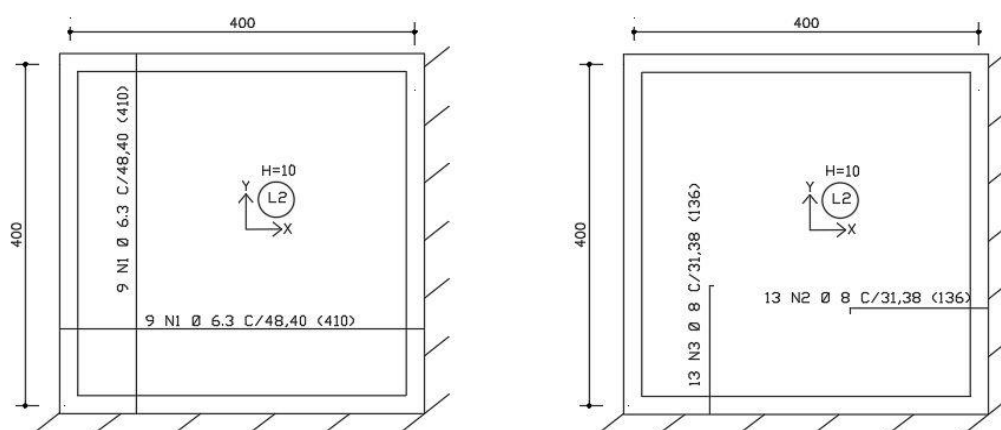
Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

FIGURA 08 – Detalhamento da laje com os coeficientes da Norma NBR 6118:2014



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

FIGURA 09 – Detalhamento da laje sem coeficientes de segurança



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2019)

Com os diâmetros e os espaçamentos já definidos, fez-se então o desenho do detalhamento das formas da laje. Uma representação importante é detalhamento da armadura negativa, pois é nela que se encontram os comprimentos das barras considerando os ganchos e sem considerar os mesmos também. Reforça que o comprimento total da armadura negativa na representação não está completo devido as medidas das armaduras negativas das lajes adjacentes serem desconhecidas. Neste esquema também se encontram as quantidades de barras utilizadas em cada armadura com a especificação das mesmas (N1, N2 e N3), além do diâmetro utilizado, o espaçamento entre barras, tamanho da armadura e as dimensões da estrutura (FIG. 08 e 09). O detalhamento das armaduras deve ser descrito no projeto para que na hora da execução, seja garantido o seu posicionamento durante a concretagem (NBR 6118, 2014).

## 5 Considerações Finais

A comparação feita neste trabalho, na qual é utilizada a norma NBR 6118 se fez valer várias inferências na qual a sua presença é possível obter um valor, ao passo que na ausência da sua aplicação é possível verificar outros valores.

Ao se fazer a análise de um sistema estrutural, não se deve levar em consideração apenas umas poucas teorias superficiais, como quantidade de materiais empregados, fatores financeiros de gastos, mas sim todas peculiaridades do projeto estrutural. É significativo o emprego correto de um sistema estrutural que seja mais apropriado a finalidade da estrutura, onde será destinado cargas que este sistema deverá suportar, assim como também a capacidade de resistência em relação aos esforços gerados pelo carregamento.

As estruturas de lajes maciças têm as suas particularidades, e todas elas devem ser analisadas, para que não venham interferir e/ou impossibilitar a escolha e execução do projeto. Mostrou-se que entre as vantagens da laje maciça, tem-se uma estrutura mais rígida ajudando no contraventamento da mesma; possui uma maior capacidade para suportar cargas, se comparadas as outros métodos com mesmas dimensões e ainda possui seus esforços redistribuídos.

Constatou-se que para se ter uma estrutura segura, deve-se utilizar como métodos de cálculo, aqueles em que são considerados os coeficientes de segurança estabelecidos normativamente, como majoramento dos momentos atuantes sobre a estrutura, a área de aço utilizada maiores que a mínima, o espaçamento menor entre barras. Isso tudo para se ter viabilidade e desempenho da estrutura. Caso contrário, poderá comprometer a estrutura, e em casos extremos, levar a mesma a um colapso.

Finalmente, o intuito da apresentação deste comparativo, é destacar que, para se ter um projeto estrutural seguro, econômico e que atenda as necessidades do proprietário, deve ser analisado inúmeras variáveis, pois a economia de materiais sem o devido controle, nem sempre é sinônimo de segurança. Os resultados obtidos com critérios de segurança fornecidos pela NBR 6118:2014, servem como orientações para se construir lajes maciças seguras.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode ser feita a comparação com outros padrões de norma e situações de construções.

## Referências



de Albuquerque, A. T. (1999). *Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Araújo, J. M. D. (2003). Curso de concreto armado. *Editora Dunas, Rio Grande do Sul*, v2.

ABNT, N. (2014). 6118: Projeto de estruturas de concreto—Procedimento. *Rio de Janeiro*.

NBR, A. (2000). 6120: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. *Rio de Janeiro*.

Barroso-Krause, C. (2011). Desempenho Térmico e Eficiência Energética em Edificações. *Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA*.

BASTOS, P. S. D. S. (2015). Lajes de concreto. *Bauru: UNESP*.

Civil, C. D. E., & De Carvalho, M. C. (2012) ANÁLISE COMPARATIVA ESTRUTURAL E ECONÔMICA ENTRE AS LAJES MACIÇA, NERVURADA TRELIÇADA E NERVURADA COM CUBA PLÁSTICA EM UM EDIFÍCIO DE 10 PAVIMENTOS.

Carvalho, R. C., & Figueiredo Filho, J. R. (2007). Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118. *São Carlos, SP: EdUFSCar 3ª Edição*.

Dalben, D., & Bridi, M. E. LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS, NERVURADAS COM CUBAS PLÁSTICAS E NERVURADAS TRELIÇADAS: ANÁLISE COMPARATIVA.

Faria, M. P. (2010). Estruturas para edifícios em concreto armado: análise comparativa de soluções com lajes convencionais, lisas e nervuradas.

Lopes, A. D. O. (2012). Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimento. 2012. 102 f. *Monografia (Especialização)-Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru*.

Otoni, T. R., & Abi-Ackel, E. (2015). ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS ESTRUTURAIS: laje maciça e laje nervurada. *Revista Petra*, 1(1).

Pinheiro, L. M., Muzardo, C. D., & Santos, S. P. (2010). Lajes Maciças. *São Carlos, São Paulo: EESC*.

Ribas, R. A. D. J., & Souza, H. A. D. (2007). Avaliação construtiva e de desempenho térmico do prédio da Escola de Minas da UFOP.

da Silva Santos, T. ANÁLISE COMPARATIVA NO DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS CONVENCIONAIS E LAJES NERVURADAS APOIADAS SOBRE VIGAS.

Spohr, V. H. (2008). Análise comparativa: Sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas.

Süssekind, J. C. (1987). Curso de concreto: concreto armado. *José Carlos Sussekind. São Paulo: Globo*.

Vizotto, I., & Sartorti, A. L. (2010). Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, (15), 19-28.

da Silva Barbosa, U., Salomão, P. E. A., Lauar, G. T., & Ribeiro, P. T. REUTILIZAÇÃO DO CONCRETO COMO CONTRIBUIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN*, 2178, 6925.

Gomes, J. H. D., Neto, A. F. B., Salomão, P. E. A., & Santiago, A. N. O. (2018) ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA CASA TÉRREA EM TEÓFILO OTONI. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN*, 2178, 6925.

Salomão, P. E. A., Porto, T. B., Cabrai, S. C., da Silva, W. L., & de Oliveira, A. N. S. (2018). Elaboração de tabelas para dosagem de concreto com base nos agregados utilizados no Nordeste Mineiro. *Research, Society and Development*, 7(4), 1.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Pedro Emílio Amador Salomão – 40%

Edna Alves Pereira – 40%

Acly Ney Santiago Oliveira – 20%